

УДК 621.314

Володимир Яськів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧАСТОТНИХ МАГНІТНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Приведено основні технічні характеристики напівпровідникового перетворювача електроенергії (НПЕ), структурну та функціональну його схеми, результати експериментальних досліджень, в т.ч. рівня електромагнітних завад (ЕМЗ) випромінювання. Обґрунтовано значно нижчий рівень ЕМЗ для НПЕ на основі високочастотних магнітних підсилювачів (ВМП) в порівнянні з традиційними.

Ключові слова: напівпровідниковий перетворювач електроенергії, високочастотний магнітний підсилювач, електромагнітна завада, зовнішня характеристика, паралельна робота.

Volodymyr Yaskiv

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF POWER CONVERTER BASED ON OF HIGH-FREQUENCY MAGNETIC AMPLIFIERS

The basic technical characteristics of the power converter, its structural and functional schemes, the results of experimental research, including level of electromagnetic interferences (EMI). Substantially lower level of EMI for power converter based on high frequency magnetic amplifiers in comparison with the traditional ones.

Keywords: power converter, high-frequency magnetic amplifier, electromagnetic interferences, external characteristic, parallel operation.

Метрологічні вимірювання рівня електромагнітних завад випромінювання розробленого на основі високочастотних магнітних підсилювачів напівпровідникового перетворювача електроенергії з вихідними параметрами 24 В, 8 А у III частотному діапазоні (30-1000 МГц) за методом ANSI C3.4 (специфікація FCC 15.109(g) (CISPR 22:97) Class A)).

Досліджуване джерело живлення реалізовано за структурною схемою, що представлена на рис. 1, де 1 – завадозахисний фільтр, 2 – мережевий випрямляч, 3 – пристрій заряду конденсатора, 4 – ємнісний фільтр, 5 – нерегульований високочастотний транзисторний інвертор, 6 – силовий високочастотний трансформатор, 7 – імпульсний стабілізатор постійної напруги на ВМП.

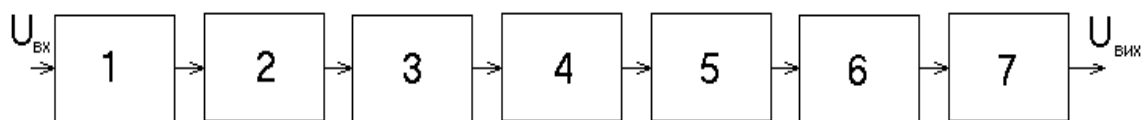


Рис. 1.

Основні технічні дані його наступні:

- | | |
|----------------------|-----------------|
| - вхідна напруга | - 110 В +/- 10% |
| - вихідна напруга | 24 В |
| - струм навантаження | 0...8 А |
| - робоча частота | 50 кГц |

- ККД 93 %
- загальна нестабільність вихідної напруги <0,2%
- високочастотні пульсації вихідної напруги <20 мВ
- подвійний розмах високочастотних піків у вихідній напрузі < 40 мВ
- питома потужність при природньому охолодженні >200 Вт/дм³

В ролі високочастотного транзисторного інвертора використано розроблений нерегульований силовий автогенератор по півмостовій схемі з додатними зворотніми зв'язками за вихідною напругою інвертора і за струмом колектора [2].

Стабілізатор вихідної напруги виконано на однообмоткових ВМП по двотактній схемі з середньою точкою. Функціональна схема такого стабілізатора подана на рис. 2.

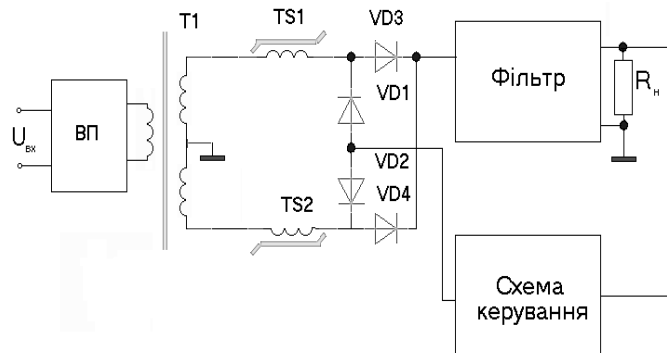


Рис. 2

Принцип роботи ВМП та аналіз процесів у стабілізаторі на ВМП, порівняльний аналіз ВМП з транзисторним ключем, переваги стабілізаторів напруги на ВМП у порівнянні з традиційними ключовими стабілізаторами детально розглянуті в літературі [3,4].

Принципову схему його реалізовано за структурою описаною в статті [5], яка ґрунтується на паралельній роботі окремих стабілізаторів постійної напруги при використанні спільного магнітопроводу ВМП і єдиної схеми керування для всіх стабілізаторів. Для даної вихідної потужності достатньо розбиття вихідного стабілізатора на два ідентичні.

Вимірювання напруженості електромагнітного випромінювання проводилось на відстані 3 м для двох перетворювачів: вищеприведеного і аналога (США) на ту ж вихідну потужність для живлення телекомунікацій. Для співставлення отриманих результатів проведено метрологічні вимірювання рівня електромагнітних завад аналога, що використовується для живлення засобів інформаційних технологій, такої ж вихідної потужності.



Рис.3.

На рис. 3 показано вигляд експериментального зразка напівпровідникового перетворювача електроенергії для інформаційних технологій. Навантажувальна характеристика його зведена у таблиці.

Струм, А	0		3		4,8		8		Вхідна змінна напруга, V
Фільтр	*	**	*	**	*	**	*	**	
Вихідна напруга, V	24,10	24,07	24,03	24,03	24,08	24,03	24,09	24,01	100
	24,09	24,07	24,03	24,03	24,08	24,03	24,09	24,01	110
	24,09	24,07	24,03	24,03	24,08	24,02	24,09	24,01	120

* - вимірювання вихідної напруги проводиться в точці під'єднання зворотного зв'язку по напрузі (на виході високочастотного фільтру)

** - вимірювання вихідної напруги проводиться на виході джерела живлення (після додаткового вихідного завадозахисного фільтру)

З даних таблиці випливає, що нестабільність вихідної напруги в точці заведення зворотного зв'язку менше 0,2%, що дозволяє віднести цей пристрій до класу високоточної апаратури. Зазвичай цей показник вважається хорошим, якщо він не перевищує 1%.

На рис. 4 подано осцилограми напруг на магнітних ключах та силовому високочастотному трансформаторі, зняті з контрольного витка (при струмі навантаження 4.4А та 8А відповідно). На рис. 5 показано осцилограми високочастотних пульсацій на виході перетворювача при струмі навантаження 4А та 8А відповідно.

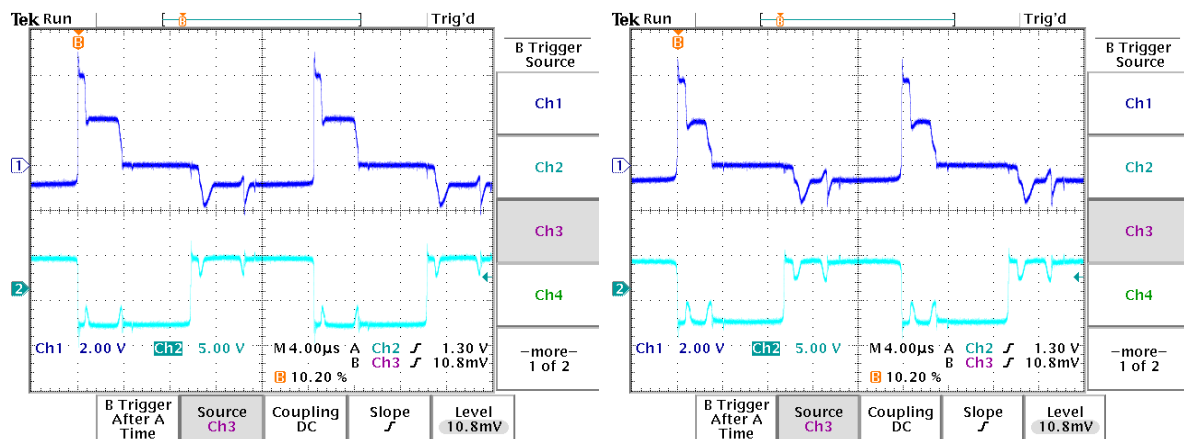


Рис. 4.

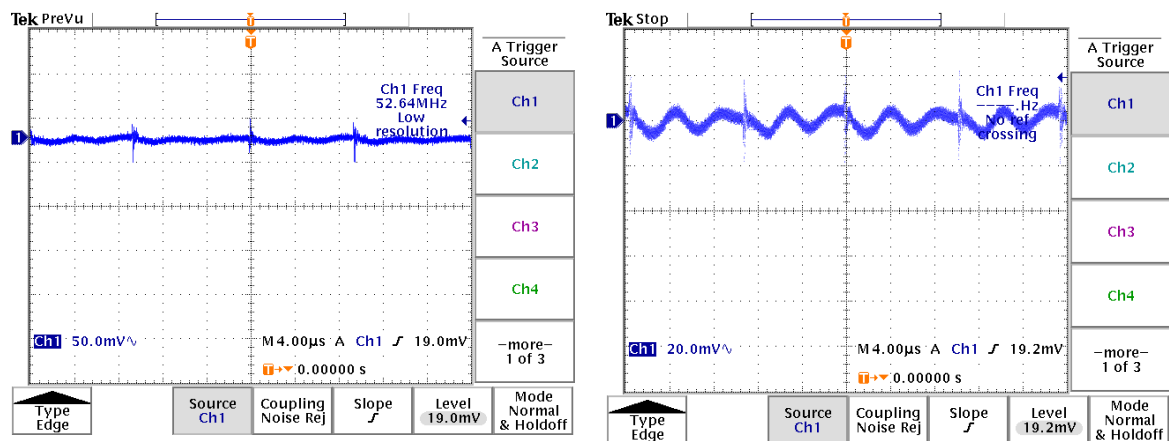


Рис. 5.

В діапазоні частот від 42 МГц до 400 МГц рівень ЕМЗ випромінювання розробленого НПЕ суттєво нижчий, ніж в аналога (так в діапазоні частот 130-200 МГц - в 4-5 разів). На частотах 400-1000 МГц рівні завад випромінювання приблизно рівні (за винятком незначного перевищення для аналога на частотах 500 МГц і 810-850 МГц).

Нижчий рівень ЕМЗ досліджуваного перетворювача пояснюється в першу чергу специфікою його схемотехнічного виконання:

- використанням в ролі силових елементів ВМП, робота яких в ключовому режимі не супроводжується появою ЕМЗ високого рівня. Крім того, сам ВМП слугує фільтром кондуктивних ЕМЗ як в насиченому, так і в ненасиченому станах;

- використанням запропонованої структури імпульсного стабілізатора постійної напруги на ВМП, в основу якої покладено паралельну роботу окремих ІСН на ВМП із забезпеченням рівномірного розподілу струму навантаження між ними при використанні спільного магнітопроводу ВМП для всіх паралельно ввімкнених стабілізаторів. Таке виконання забезпечує не тільки високий рівень ККД, а й суттєво (в кілька разів) знижує рівень ЕМЗ від роботи силових діодів височастотного випрямляча;

- відкривання силового транзистора височастотного нерегульованого транзисторного інвертора відбувається при нульовому струмі навантаження за рахунок того, що на початку кожного півперіоду ВМП імпульсного стабілізатора постійної напруги перебуває в ненасиченому стані;

- для формування траєкторії закривання силового транзистора інвертора використано розроблений метод керування, який забезпечує його закривання при майже нульовому струмі колектора (режим подібний до режиму ключа в «квазірезонансному» перетворювачі, тільки при прямокутних формах напруги та струму, що забезпечує вищу ефективність ключа) і унеможливорює протікання наскрізних струмів в напівмостовій схемі;

- використання вихідного заводозахисного фільтра;

- використання у фільтрах височастотних конденсаторів.

Однак в даній схемотехніці відсутнє використання традиційних демпфуючих ланок (snubber circuits), що також позитивно впливає на кінцеве значення ККД перетворювача.

При розробці конструкції використано традиційні методи зниження рівня ЕМЗ:

- перетворювач розміщений в корпусі, який одночасно слугував екраном;

- максимально можливо короткі шляхи для протікання силового струму;

- правильна організація заземлення.

Література

1. Подавление электромагнитных помех цепях электропитания / Г.С.Векслер, В.С.Недочетов, В.В.Пилинский и др. – К.: Техника, 1990. - 167 с.

2. Яськів В.І. Математична модель імпульсного стабілізатора напруги на магнітних ключах // Технічна електродинаміка. – 2002. - №6. - С. 20-22.

3. Яськів В.І. Использование высокочастотных магнитных усилителей в источниках питания аппаратуры космического назначения // Космічна наука і технологія. Додаток до журналу. – 2003. – Т. 9, № 2. – С. 331-337.

4. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies // Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, Germany, 2004, P. 1658-1662.

5. В. І. Яськів, М. М. Юрченко. Методи побудови напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високим рівнем струму навантаження на основі височастотних магнітних підсилювачів // "Технічна електродинаміка", Тематичний випуск «Силовая електроніка та енергоефективність», частина 2, 2006. – С 3-6.